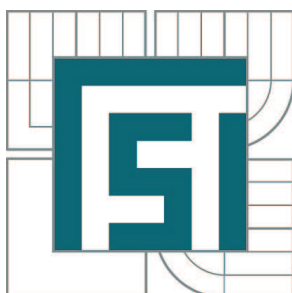


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

ŘÍZENÍ POHONŮ PRŮMYSLového ROBOTU **POMOCÍ SYSTÉMŮ KEBA**

CONTROL OF INDUSTRIAL ROBOT DRIVES BY KEBA SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ALEŠ OPLUŠTIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUBELA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Aleš Opluštil

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Řízení pohonů průmyslového robotu pomocí systémů KEBA

v anglickém jazyce:

Control of industrial robot drives by KEBA systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je postupná implementace nového řídicího systému KEBA u staršího průmyslového robotu KUKA. Během řešení bude nutné se zaměřit především na způsob řízení jednotlivých pohonů a na jejich možnosti komunikace s řídicím systémem.

Cíle diplomové práce:

1. Posoudit vhodnost použití starších pohonů s novým řídicím systémem KEBA.
2. Zvolit vhodný způsob propojení pohonů robotu s řídicím systémem.
3. Propojit pohony robotu s řídicím systémem.
4. Implementovat knihovnu KEBA pro řízení průmyslových robotů.

Seznam odborné literatury:

- [1] L. Sciavicco, B. Siciliano: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer London, 2008
- [2] PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2007. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3
- [3] Firemní dokumentace KEBA

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Kubela

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 28.11.2013

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá posouzením vhodnosti použití originálních pohonů na starším průmyslovém robotu KUKA KR 15/2 s novým řídicím systémem od společnosti KEBA. Z řídicí skříně KR C1 je původní řídicí systém odebrán a nahrazen systémem KeMotion, který je v této práci kompletně popsán. K posouzení je nutné zvolit vhodný způsob propojení mezi motory robotu a řídicím systémem KeMotion a toto propojení prakticky realizovat. Na základě komunikace motorů s řídicím systémem byly tyto motory posouzené jako vhodné. Dále je zde část věnovaná popisu řídicího softwaru včetně jeho implementace k danému robotu KUKA a tvorbě vizualizačního modelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Řídicí systém, průmyslový robot, robot, PLC, výměna řídicího systému

ABSTRACT

This thesis deals with the evaluation of the use of original drive on the older industrial robot KUKA KR 15/2 with a new control system from KEBA. An original control system is removed from robot controller KR C1 and replaced by KeMotion system, which is in this thesis completely described. It is necessary to choose an appropriate way of connection between electric drives of industrial robot and KeMotion control system and finally realize it by practical way. Based on communication with the control system, these engines had been assessed as appropriate. There is also a section created to the description of the control software and its implementation on KUKA robot and to creating of visualization of model.

KEYWORDS

The control system, industrial robot, robot, PLC, exchange control system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OPLUŠTIL, A. *Řízení pohonů průmyslového robotu pomocí systémů KEBA*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 104 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Kubela.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana Ing. Tomáše Kubely a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 30. května 2014

.....

Aleš Opluštil

PODĚKOVÁNÍ

Předně bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Kubelovi za odborné vedení a čas, který mně věnoval, a panu Ing. Pavlu Hermanovi a společnosti KEBA za poskytnutí zajímavého tématu práce. Rád bych také poděkoval své rodině za podporu a umožnění studia, své přítelkyni za trpělivost, kamarádům a všem, které jsem měl tu čest za dobu studia poznat.

OBSAH

Úvod	10
1 Představení systému KeMotion	12
2 Představení hardwaru a softwaru	17
2.1 Průmyslový robot KUKA KR 15/2	17
2.2 PLC (KeControl)	18
2.3 I/O moduly (KeConnect)	20
2.4 Motory a frekvenční měniče (KeDrive)	21
2.5 Ruční ovládací panel (KeTop)	23
2.5.1 Dotyková obrazovka	24
2.5.2 Programovací tlačítka	25
2.5.3 Bezpečnostní tlačítko stop	25
2.5.4 Spínací tlačítko pohybu	26
2.6 Stacionární operační panel (KeView)	26
2.7 Konfigurační a programovací software (KeStudio U3 Toolsuite)	27
2.7.1 KeStudio V2.3	27
2.7.2 KeStudio DriveManager	29
2.7.3 KeStudio ViewEdit	29
2.7.4 KeStudio Scope	29
2.7.5 KeMotion TeachView T55R	29
2.7.6 KAIROEdit	30
Závěr	31
Seznam použité literatury	32
Seznam obrázků	34
Seznam tabulek	34

ÚVOD


Průmyslová robotika se postupem času dostává téměř do všech svér průmyslu a její využití neustále roste. Je to dáno zejména tím, že se průmyslové roboty neustále zdokonalují, díky čemuž mohou zastávat i operace, u kterých to dříve nebylo myslitelné. Zlepšila se jejich rychlost, opakovatelnost, tuhost atd., přičemž nejvyšší pokrok nezaznamenaly mechanické části průmyslového robotu, ale jeho řídicí systém. Právě proto je řídicí systém u starších robotů část, která nejvíce zastarává a vyžaduje náhradu. Ovšem výrobci se po skončení prodeje tohoto robotu a nahrazení novým modelem již dále podporou nezabývají. Protože prakticky neexistuje firma, která by nabízela univerzální řídicí systém pro všechny roboty, byl zákazník nucen koupit si nový robot. Tento prostor na trhu se rozhodla zaplnit společnost KEBA, která nabízí svůj univerzální řídicí systém vhodný zejména právě pro starší roboty a zákazníkům nabízí výměnu řídicího systému. Touto výměnou se zabývá tato diplomová práce, která nahrazuje původní řídicí systém na robotu KUKA KR 15/2.

Cílem této práce je zjistit a zprovoznit komunikaci pohonů na robotu KUKA KR 15/2, který patří Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky (ÚVSSR), s řídicím systémem KeMotion dodaným firmou KEBA. Jedná se v tomto případě o první náhradu řídicího systému u průmyslového robotu systémem KeMotion v rámci České republiky. Pro firmu KEBA je důležité, aby komunikace s původními pohony u průmyslových robotů probíhala bez problémů a nemusela k tomuto řízení dodávat i servopohony od společnosti Bosch, které by tuto výměnu značně prodražily. Tato výměna by mnoho zákazníků mohla odradit, protože už by se jim nezdála tolik výhodná, a také obsahuje určitá úskalí. Například v případě robotu KUKA KR 15/2 by neseděly rozměry příruby dodaného motoru a pro výměnu kabelů vedoucí k jednotlivým motorům by musel být robot rozebrán.

Na školním robotu KUKA KR 15/2 byl poškozený power modul a při vypnutí robotu docházelo ke ztrátám polohy všech motorů. Proto byl tento robot pro trvalejší provoz takřka nepoužitelný. Vzhledem k tomu, že je řídicí systém již zastaralý, přistoupilo se v rámci této diplomové práce k výměně celého řídicího systému za nový, který zdarma nabídla k odzkoušení a následnému provozu firma KEBA. K tomu bylo potřeba odstranit původní řídicí jednotku, frekvenční měniče a zdroj stejnosměrného napětí z řídicí skříně KR C1 a nahradit tímto novým systémem.

V současné době je výměna řídicího systému u průmyslového robotu v praxi dosti neobvyklá. Většinou se firmy, které vlastní zastaralý robot, rozhodnou pro pořízení nového, což je dáno několika důvody. Jedním z nich je, že prakticky neexistuje firma, která by se touto problematikou zabývala a svým zákazníkům nabízela výměnu řídicího systému a navíc zde ani není žádná podpora ze strany výrobce, který by k těmto robotům i po skončení jeho prodeje nabízel novější a výkonnější řídicí systém, který by šel snadno vyměnit. Dalším důvodem je to, že tato výměna je poměrně složitá a navíc cena průmyslových robotů poslední dobou podstatně klesla.

V rámci této diplomové práce byl tento řídicí systém odzkoušen na novém motoru, dodaným spolu s ostatními komponenty, u kterého bylo zaručeno, že bude s řídicím systémem komunikovat. Ovšem cílem bylo zjistit, zda budou komunikovat i původní

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

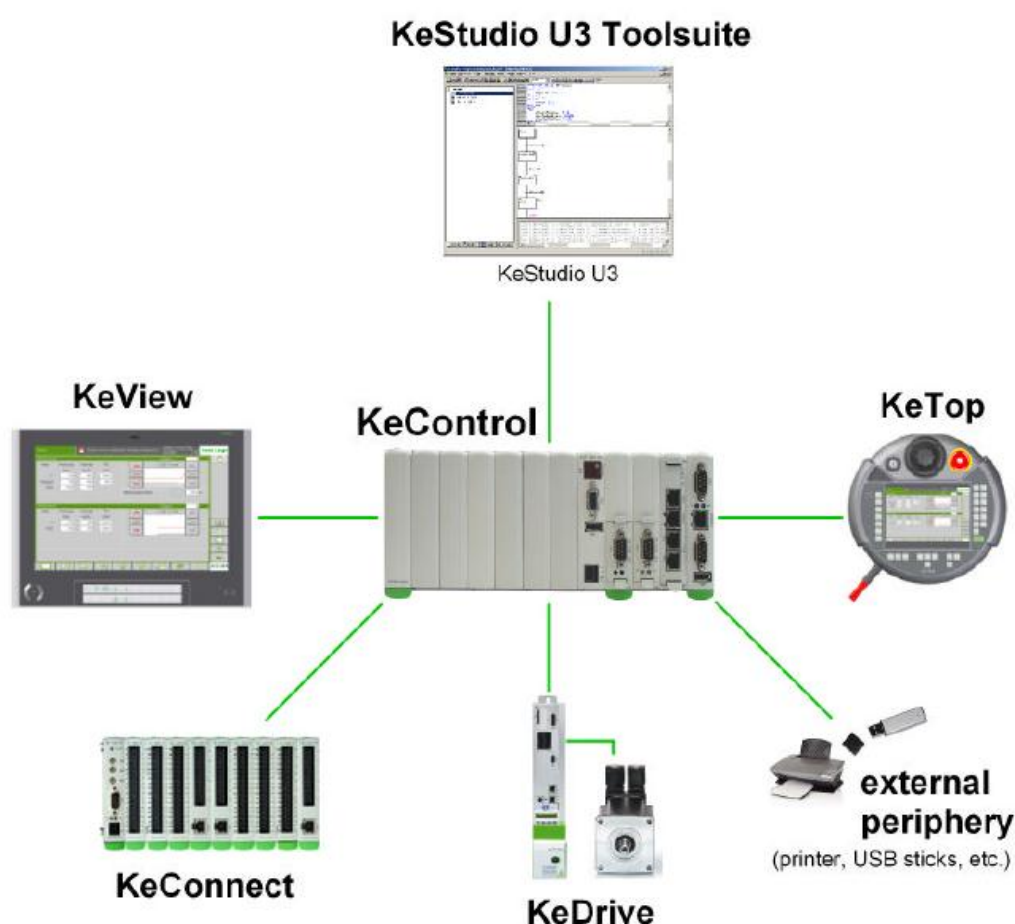
pohony a zda by celý systém šel implementovat k robotu bez nutnosti měnit pohony, které by retrofitting značně prodražily. Při postupu testování původních servomotorů se těžilo právě ze zkušeností získaných při testování systému s novými pohony. V rámci tohoto testu byl implementován řídicí software, který obsahuje programovací a vizualizační nástroje a byl vytvořen také vizualizační model daného robotu.

Nový řídicí systém a ostatní komponenty byly navrženy odborníky společnosti KEBA a tento návrh tedy není součástí této práce. Tato práce se nezabývá ani ekonomickým hodnocením ušetření pořizovacích nákladů v porovnání s koupí nového robotu, a to i proto, že je tato otázka značně individuální. Dále cílem této diplomové práce není retrofitting celého robotu, ale jedná se o výměnu jeho řídicího systému. Proto tedy nebudou měněny ani opravovány žádné mechanické součásti jako ložiska, řemeny popřípadě další součásti. Celkově byla snaha, tento robot pokud možno co nejméně rozebírat.

Práce je rozdělena do pěti hlavních kapitol. V první kapitole jsou popsány vlastnosti tohoto dodaného systému. Druhá kapitola má za úkol představit dodaný hardware a software od společnosti KEBA. Třetí kapitola se zabývá hlavní praktickou částí této práce. Obsahuje popis zapojení systému, jeho konfiguraci, postup testování dodaného pohonu a nahrazení řídicího systému v řídicí skříni KR C1. Na základě zkušeností získaných prací s dodaným pohonem Bosch byly následně testovány i původní pohony robotu KUKA. Čtvrtá kapitola popisuje práci s online a offline programovacím softwarem a vizualizačním softwarem. Součástí je i tvorba vizualizačního modelu daného robotu KUKA KR 15/2. Kromě uvedené literatury, čerpá autor této práce také ze znalostí získaných na dvoutýdenním školení, které probíhalo v hlavním sídle společnosti KEBA v Linci (A).

1 PŘEDSTAVENÍ SYSTÉMU KEMOTION

Systém KeMotion od společnosti KEBA poskytuje komplexní řešení na klíč pro robotiku. Zákazník si může vybrat z několika výkonostních úrovní, a uzpůsobit tak tento systém podle svých přání a požadavků. Systém KeMotion se skládá z řídicí jednotky robotu s frekvenčními měniči, bezpečnostních prvků, ručního terminálu a vizualizačních komponent (viz. Obr. 1-1). Systém je doplněn softwarovými nástroji pro konfiguraci, programování a diagnostiku. Systém KeMotion je založen na systému KEMRO, což je modulární stavebnicový systém pro automatizaci, který poskytuje širokou škálu řídicích jednotek, IO-komponent, frekvenčních měničů s pohony a komponent pro vizualizaci. Systém KEMRO nabízí různé třídy výkonosti pohonných jednotek, které vedou k optimálnímu řešení pro jakékoliv aplikace. Aplikace postavené na systému KeMotion jsou snadno přenosné na libovolnou příbuznou řídicí jednotku. Frekvenční měniče systému KEMRO (KeDrive) jsou připojeny k PLC jednotce přes sběrnici SERCOS. Pomocí sběrnice CANopen je možné připojit celou řadu dalších zařízení. Podporovaná je většina sběrnicových protokolů pro připojení (Profibus, CAN, Interbus-S, ASI). Pro ovládání a vizualizaci mohou být používány mobilní ruční ovládací panely řady KeTop nebo stacionární panely (KeView). [12]



Obr. 1-1 Přehled systému KeMotion [1]

- **KeControl:** PLC
- **KeConnect:** modulární I/O systém
- **KeView:** stacionární řídicí panel
- **KeTop:** ruční ovládací panel
- **KeDrive:** frekvenční měniče a motory
- **KeStudio:** nástroje pro konfiguraci, diagnostiku a programování [1]

Na Obr. 1-1 lze vidět vztahy mezi jednotlivými podskupinami. Uprostřed těchto podskupin je PLC jednotka (Programmable Logic Controller), nebo-li programovatelný automat, který má hlavní řídicí funkci systému. K PLC jsou pak připojeny jednotlivé komponenty. Zvláštní podskupinou je softwarový balík KeStudio U3 Toolsuite, který slouží k nastavení, programování a diagnostice systému KeMotion.




Přídavné periferie jsou připojené v závislosti na typu jejich signálu, např. přes analogové nebo digitální vstupní nebo výstupní moduly, moduly s rozhraním, atd. CPU (Central Processing Unit) a I/O (Input/Output) moduly jsou spojené dohromady a tvoří řídicí blok, který pak může být instalován do řídicí skříně. Skříň zajišťuje mechanickou ochranu před poškozením řídicího systému, vnitřní konstrukce modulu pak zajišťuje stínění z hlediska elektromagnetické kompatibility (EMC – electromagnetic compatibility). Pro připojení na různá rozhraní jsou k dispozici přídavné moduly, které jsou zapojeny do CPU modulu. Moduly komunikují přes vnitřní systémovou sběrnici (K-Bus). [2]

Systém KeMotion přichází s robotickými funkcemi poskytovaných na nejvyšší úrovni srovnatelnými pouze s předními výrobci robotů. Funkce slouží jako základ pro vysokou přesnost a nejvyšší rychlost pohybu dráhy bez komplikované manuální optimalizace. Když je řídicí jednotka robotu nakonfigurovaná pro pohyb, lze pohybové sekvence naprogramovat pomocí online systému programování (teach-in), což vede k velmi krátkým časům pro uvedení robotu do provozu. Kromě toho lze snadno rozšířit funkce řídicí jednotky nebo je přizpůsobit pro řízení velmi specifické aplikace. Zejména to také platí pro manipulaci nebo zpracování pohyblivých součástí. [12]

Systém KeMotion nabízí několik verzí PLC (CPU modulů), ze kterých si zákazník může vybrat podle požadovaného výkonu, a přizpůsobit tak tuto jednotku přímo svým potřebám. Na výběr je několik systémových řešení, které zobrazuje Tab. 1-1. K této jednotce lze připojit množství vstupních a výstupních modulů podle toho, jaké jsou pro danou aplikaci potřeba. Tyto moduly lze pak libovolně poskládat vedle sebe a připojit k CPU modulu.

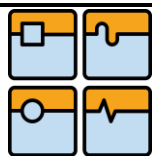
Tento řídicí systém je koncipován jako univerzální, a je tedy vhodný téměř pro všechny typy robotů - od kartézských přes angulární, až po Delta roboty. Systém je univerzální také napříč výrobci, takže ani v tomto ohledu není omezen. Tento systém navíc umožňuje ovládat jak osy robotu, tak i další přidané osy, které mohou sloužit například k polohování obráběné součásti nebo k ovládání pojezdu robotu. Výhodou je, že všechny osy jsou řízeny z jednoho zdroje a lze je perfektně sesynchronizovat. U výkonnější konfigurace systému je možné řídit dokonce více robotů z jedné PLC jednotky, čímž je výsledná úspora pořizovacích nákladů ještě větší.

Tab. 1-1 Přehled systémových řešení společnosti KEBA [18]

		
KeMotion r2000	KeMotion r4000	KeMotion r5500
Základní systém, který nabízí řízení kinematiky robotu až o čtyřech osách a dvou přídatných os	Kompaktní systémové řešení, které umožňuje realizaci složitých robotických aplikací s výkonným procesorem Intel Atom	Systém s vysoce výkonnou PLC jednotkou, která umožňuje řídit až 8 robotů
Pro řízení robotů typu SCARA, tripodů a kartézských robotů	Pro řízení angulárních robotických ramen a dalších 16 přídatných os	Pro řízení angulárních robotických ramen a dalších 32 přídatných os
Ovládání pomocí ručního ovládacího panelu	Ovládání pomocí stacionárního nebo ručního ovládacího panelu	Ovládání pomocí stacionárního nebo ručního ovládacího panelu
Připojení modulů: přímo nebo přes sběrnici CAN	Podporuje sběrnice CANopen, Profibus, SERCOS III a EtherCAT	Podporuje sběrnice CANopen, Profibus, SERCOS III a EtherCAT
Použití: pro manipulaci s materiálem, lepicí roboty, atd.	Typické aplikace: lepení, svařování, apod.	Typické aplikace: multi-kinematika, stříkání barev, kompletní řízení stroje a robotu, atd.

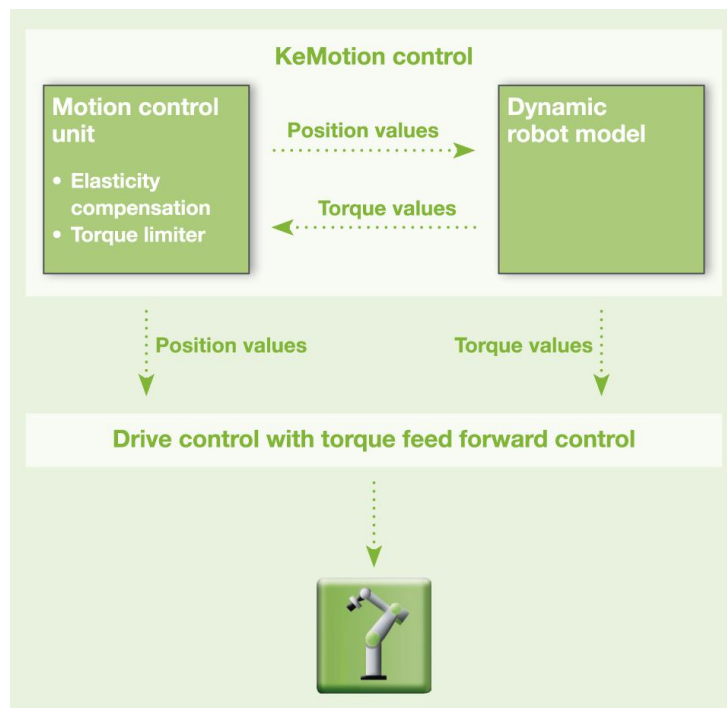
Hlavní programovací software ze softwarového balíku KeStudio U3 Toolsuite je **KeStudio**, který slouží k programování PLC jednotky. Tento software běží na projektu CoDeSys a využívá tak programovací normy EN 61 131-3. Programování podle této normy je v průmyslu velmi rozšířené, a odpadá tak nutnost zaškolení uživatele o nový program, či dokonce programovací jazyk. Navíc společnost KEBA dává zákazníkovi k dispozici již předhotovené šablony s vytvořenou kostrou projektu a knihovnou plnou funkčních bloků. Kromě tohoto nabízí také software pro online programování (**KeMotion TeachView**), který je plnohodnotnou náhradou ručního ovládacího panelu, takže jej není nezbytně nutné pořizovat. Robot může být programován také offline díky softwaru **KAIROEdit** a tento projekt lze převádět mezi oběma online/offline programy.

Systém KeMotion nabízí oproti výrobcům průmyslových robotů jednu zásadní výhodu. Standardní řídicí systémy umožňují uživateli řídit pouze polohu, do které se má robot dostat, případně rychlost jakou má celou tuto dráhu vykonat. Systém KeMotion ovšem nabízí možnost řídit i dynamiku tohoto pohybu tím, že umožňuje vstupovat i do nižších úrovní řídicí smyčky, a ovládat tak rychlost pohybu a krouticí moment (viz. Obr. 1-2). Je ovšem nutné dávat pozor, aby moment nepřesáhnul dovolenou mez. To je také hlavní důvod proč většina výrobců tento vstup ve standardu neumožňuje, případně umožní, ovšem při ztrátě záručního servisu. Tato mez však lze nastavit softwarově. Díky ovládání dynamiky při pohybu lze kompenzovat vůle, pružnost převodu a motoru, a zvýšit tak přesnost vykonané dráhy

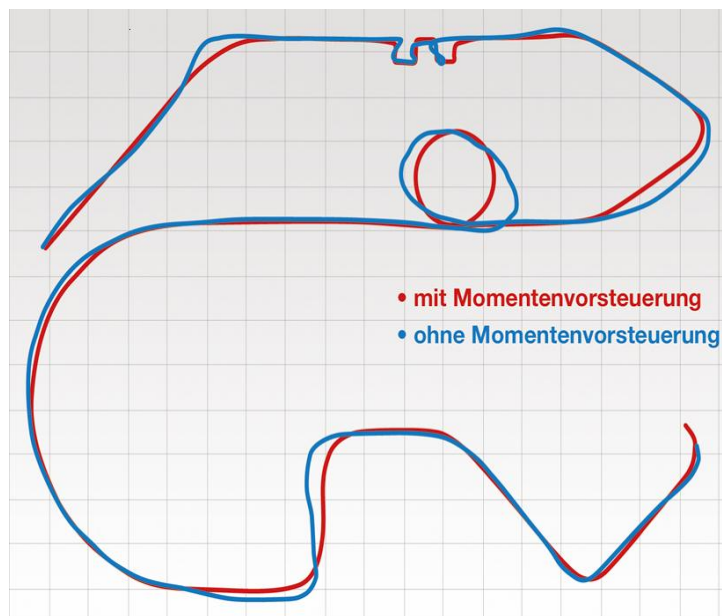


DIPLOMOVÁ PRÁCE

robotu (viz. Obr. 1-3) a také rychlost, protože tu může uzpůsobit aktuálně vykonávané trajektorii. Výsledkem je tedy rychlý a hladký pohyb pro každý typ robotu. [13]



Obr. 1-2 Řízení průmyslového robotu s dynamickým modelem [13]



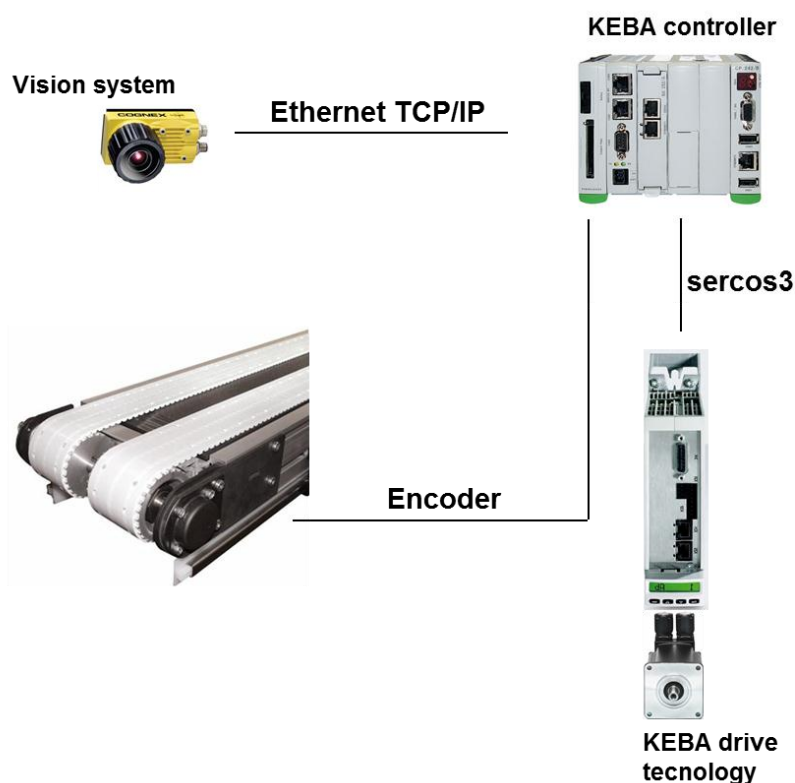
Obr. 1-3 Porovnání trajektorií pohybu s/bez ovládání dynamiky [13]

Modrá trajektorie – bez řízení dynamiky robotu

Červená trajektorie – s řízením dynamiky

Shrnutí

Společnost KEBA nabízí univerzální řídicí systém, který si zákazník může optimalizovat přímo podle svých potřeb. Určen je zejména jako náhrada starších řídicích systémů, ovšem pro své výhody může být uplatněn i u nových robotů. Mezi výhody patří především řízení dynamického modelu robotu a řízení více robotů a přídavných os z jedné řídicí jednotky, čímž je zajištěna perfektní koordinace. Díky tomu tento systém může řídit podstatnou část linky nebo dokonce celou linku. Linka může být osazena různými snímači, které vedou do vstupních a výstupních modulů na PLC jednotce, a dávají tak řídicímu systému informace o procesu. Příkladem části takovéto linky může být systém kamera - dopravník, který zobrazuje Obr. 1-4. Řídicí systém lze ovládat a konfigurovat pomocí softwaru poskytovaným spolu s řídicím systémem, případně celou řadou ručních nebo stacionárních ovládacích panelů. Kromě toho systém KeMotion obsahuje spoustu bezpečnostních prvků a diagnostických nástrojů. Jedním z bezpečnostních prvků je možnost zablokování určitých oblastí pracovního prostoru robotu, do kterých robot nesmí vstupovat. [13]



Obr. 1-4 Řízení na základě údajů od senzorů [13]

2 PŘEDSTAVENÍ HARDWARU A SOFTWARE

Tato část diplomové práce se věnuje popisu hardwarových komponent dodaných společností KEBA včetně samotného softwarového balíku, který je nutný pro práci se systémem. Jsou zde popsány hlavní funkční prvky jednotlivých hardwarových komponent včetně jejich možného použití. V části softwarového balíku jsou představeny jednotlivé programy, nikoliv však jejich prostředí a popis práce s programem. Tomu se věnuje kapitola *4.1 Popis softwarového prostředí*. Dále se tato část práce zabývá představením samotného průmyslového robotu.

2.1 Průmyslový robot KUKA KR 15/2

Průmyslový robot KUKA KR 15/2, jenž je předmětem retrofitingu, patří svou nosností, přesností a velikostí obsluhovaného prostoru v praxi k nejčastěji se vyskytujícím typům robotů. Jedná se o klasický šestiosý robot se sériovou kinematikou, přičemž tři osy robot používá k polohování a zbylé k orientaci koncového efektoru. Tento robot se vyznačuje vysokou univerzálností a v praxi tento typ byl (někde i stále je) používán k nejrozličnějším druhům úkolů. Maximální zátěž na konci ramene může být až 15 kg (zahrnuje i váhu koncového efektoru), čímž se řadí do kategorie robotů s nižší nosností. Mimo tuto zátěž může robot na svém rameni nést periferie až o hmotnosti 10 kg. Celková nosnost tedy činí 25 kg. Robot může být umístěn kromě podlahy také na zdi a na stropě. [20]

Průmyslový robot KUKA KR 15/2 vyskytující se v dílně ÚVSSR na FSI VUT v Brně byl vyřazen z provozu a následně věnován ústavu jako funkční. U robotu ovšem byl poškozený power modul, který nenabíjel baterie, jimiž byl napájen řídicí systém při vypnutí robotu. Po vypnutí robotu nebyl řídicí systém ničím napájen a docházelo ke ztrátám polohy všech motorů. Při opětovném zapnutí robotu musely být těmto pohonům zadány polohy, v nichž se nachází, případně se musely všechny osy znovu nareferencovat. Hlavně z tohoto důvodu nebyl robot poslední dobou používán. Další důvodem retrofitingu je, že řídicí systém robotu je již zastaralý a nesplňuje současné požadavky na řízení. Robot je řízen z řídicí skříně KR C1, ze které byl v rámci této práce odebrán původní řídicí systém a nahrazen systémem KeMotion.

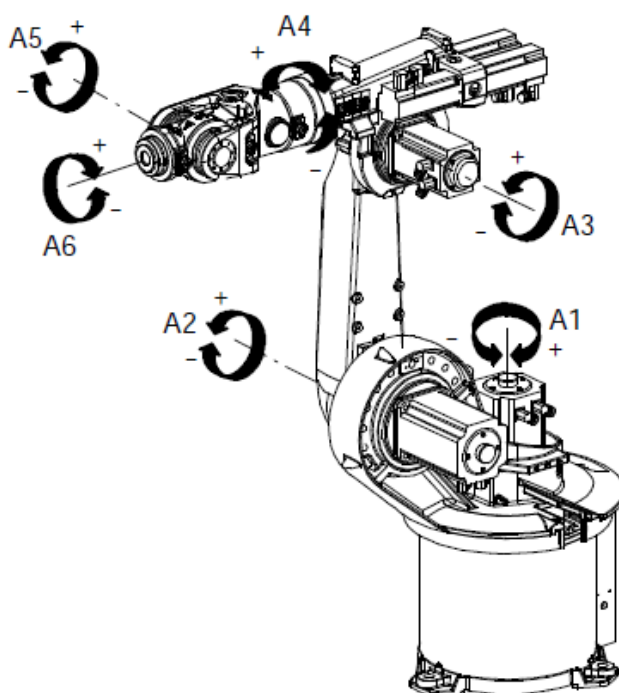
Příklady hlavní oblasti aplikace robotu jsou:

- manipulace
- montáž
- nanášení tmelů, lepidel a konzervačních látek
- obrábění
- MIG/MAG svařování
- YAG laserové svařování. [20]

Základní parametry KR 15/2:

- Počet řízených os: 6
- Maximální nosnost na konci ramene: 15 kg
- Maximální dosah: 1570 mm
- Opakovatelnost: $\pm 0,1$ mm. [20]

Rok výroby: 2000



Obr. 2-1 Průmyslový robot KUKA KR 15/2 [20]



Obr. 2-2 Řídicí skříň průmyslového robotu KR C1 [29]

2.2 PLC (KeControl)

Programovatelný logický automat je inteligentní procesorová jednotka, která je zodpovědná za realizaci automatizačních programů v reálném čase. Na vstupy tohoto zařízení přicházejí signály z technologického procesu, které tento automat zpracovává a vyhodnocuje a na základě naprogramovaných sekvenčních logických a časových funkcí vydává na své výstupy povely, kterými se řídí ovládaná zařízení.

Modulární programovatelné automaty se skládají z centrálního procesorového (CPU) modulu a modulu vstupních a výstupních signálů, který popisuje kapitola 2.3 *I/O moduly (KeConnect)*. Pro řízení logické úrovně jsou v základním programovém vybavení každého PLC časové funkce (časovače) a funkce čtení impulsů (čítače). Kromě toho mají operační paměť, ve které se nachází vlastní program, vstupní a výstupní data, vnitřní proměnné, funkční bloky apod. Mezi výhody PLC jednotek patří jednoduchost, a tím vysoká spolehlivost operačního systému, modularita (možnost rozšíření o další moduly), vestavěná diagnostika, jednoduché programování a rychlé přeprogramování úlohy a další. V průmyslu se nejčastěji používají k řízení strojů a výrobních linek. [27, 28]

CPU modul s označením CP242/B je inteligentní řídicí modul určený pro střední výkonnostní rozsah v rámci automatizačního systému KEMRO. [3]

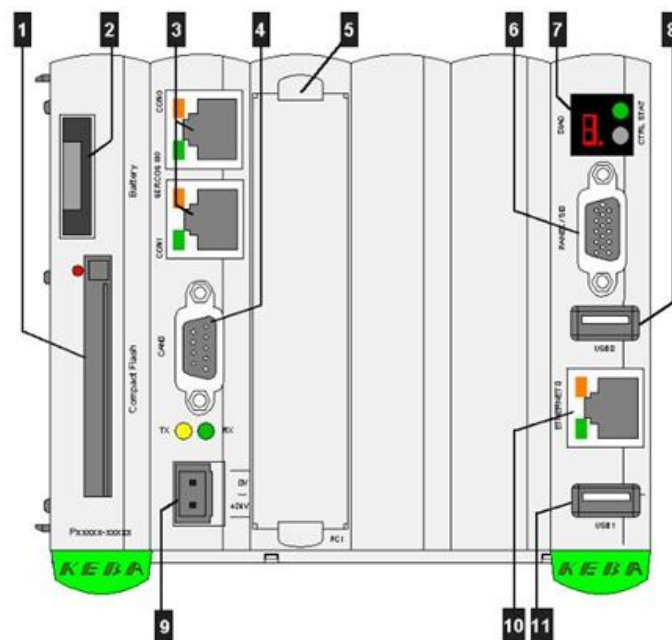
Systém KeMotion r4200, který byl firmou KEBA navržen a dodán, je určen pro robotické řízení střední úrovně. Tento systém je často používán s pohonnými jednotkami KeDrive. Systém KeMotion r4200 obsahuje:

- **KeControl:** PLC CP242/B
- **Ketop:** T50, T55 nebo T20
- **KeConnect:** možnost připojení vstupních a výstupních modulů
- **CAN fieldbus & Sercos III.** [1]

Parametry CP242/B: 1,1 GHz Intel Atom processor, 512 MB RAM

Rozhraní: 1x CAN, 2x USB, 1x Ethernet, 2x Sercos III, 1x DVI

Rozmístění jednotlivých rozhraní na PLC znázorňuje následující obrázek [1, 3]:

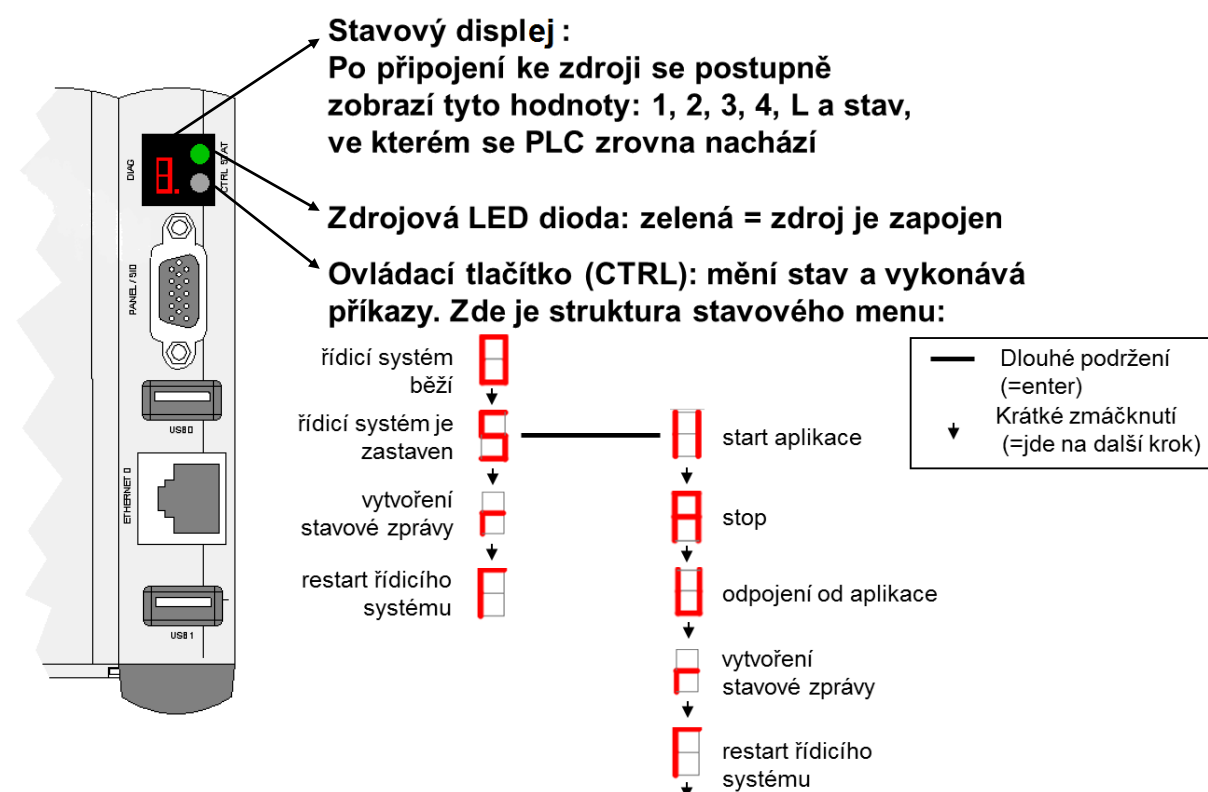


Obr. 2-3 PLC modul CP242/B [3]

- 1 – Slot pro vložení paměťové karty (CF card)
- 2 – Baterie
- 3 – Sercos III
- 4 – CAN interface

- 5 – Slot pro rozšiřující modul
- 6 – Grafické rozhraní (pro připojení teachpendantu)
- 7 – Stavový displej
- 8 – USB port 0
- 9 – Konektor pro zdroj napětí
- 10 – Ethernet interface
- 11 – USB port 1 [3]

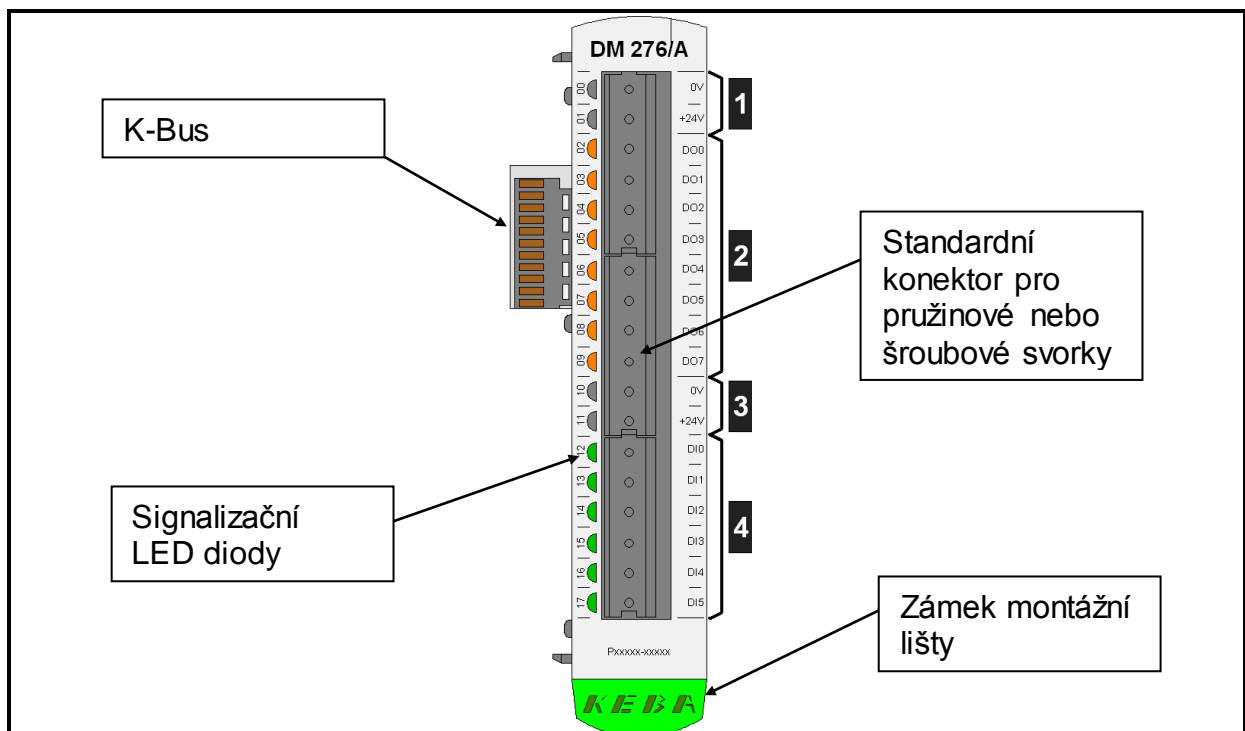
Stavový displej



Obr. 2-4 Stavový displej PLC [1, 3]

2.3 I/O moduly (KeConnect)

K PLC (CPU modulu) může být připojeno množství rozšiřujících modulů poskytujících sloty například pro CAN, Ethernet, Sercos a jiné. Tyto rozšiřující moduly jsou po pravé straně PLC seřazeny do kompaktního bloku a přes PLC jsou řízené přídavné periferní zařízení. Celý tento blok je pak připevněn k montážní liště. Společností KEBA byl dodán digitální vstupní a výstupní modul s označením DM 276A. Ten zobrazuje Obr. 2-5, z něhož je patrné, že modul poskytuje šest digitálních vstupů a osm digitálních výstupů. [4]



Obr. 2-5 Vstupní a výstupní digitální modul DM 276A [1, 4]

*1 - Napětí pro digitální výstupy
3 - Napětí pro digitální vstupy*

*2 - 8 digitálních výstupů
4 - 6 digitálních vstupů*

2.4 Motory a frekvenční měniče (KeDrive)

Na robotu KUKA KR 15/2 byly použity synchronní elektrické servopohony, které jsou napájeny třífázovým sinusovým proudem. Jedná se o motor, jehož rotor se otáčí synchronně s otáčením točivého magnetického pole statoru. Stator je opatřen drážkami pro uložení statorového vinutí, které je v tomto případě šestipólové, a je napájeno proměnnou frekvencí a napětím z napětového frekvenčního měniče. U synchronních servopohonů se využívá buzení permanentními magnety na rotoru, které mohou být na povrchu rotoru, či zapuštěné. Rotor nemá žádné tlumící vinutí, protože motor pracuje v synchronním režimu, který je podmíněn zpětnou vazbou od polohy rotoru. Motor je kromě odměřování zpětné vazby vybaven brzdou a polovodičovým snímačem teploty statorového vinutí (termistorem) pro odpojení motoru při trvalém přetěžování. Úkolem brzdy je zajistit klidový stav motoru bez napájení, ale také i havarijní zabrzdění motoru při výpadku síťového napájení či poruše měniče. Motory lze několikanásobně momentově přetížit, a proto jsou vhodné pro dynamicky náročné úlohy. [23, 25]

Pro odzkoušení práce se systémem byly společností KEBA dodány synchronní servopohony Bosch Rexroth řady MSK o dvou různých výkonových třídách, které jsou přibližně rozměrově i výkonově podobné těm původním. Jednotlivé parametry všech pohonů zobrazuje Tab. 2-1.

Dodaný motor:

Bosch MSK040B-0600-NN-M1-UG1-NNNN

Motory orientačního ústrojí (A4, A5, A6):

Siemens 1FK6032-6AK71-1ZZ9-Z S36

Motor pro třetí osu (A3):

AEG KK53Y-YYYY-017

Motory pro první a druhou osu (A1 a A2):

Siemens 1FK6081-6AF71-1ZZ9-Z S07



Obr. 2-6 Servomotory firmy Bosch řady MSK [6]

Tab. 2-1 Parametry jednotlivých pohonů [23, 24]

Výrobce	Bosch	Siemens		AEG
Veličina \ Označení motoru	MSK040B	1FK6032	1FK6081	KK53Y
Jmenovité otáčky [1/min]	5000	6000	3000	3000
Maximální otáčky [1/min]	7500	9000	3950	-
Jmenovitý točivý moment [Nm]	1,7	0,8	-	9
Maximální točivý moment [Nm]	5,1	4,5	-	11
Jmenovitý proud [A]	2	1,5	6,6	5,7
Příkon motoru [kW]	-	0,5	2,83	2,83
Stupeň krytí	IP 65	IP 65	IP 65	IP 64

* - nenalezeno

Frekvenční měnič (měnič kmitočtu)

Napětové měniče frekvence umožňují variabilní plynulou regulaci rychlosti trojfázových motorů, aniž bychom použili převodovku. Pracuje na principu změny frekvence napětí, a tím reguluje otáčky elektromotoru. Elektrické napětí vyrobené měničem je řada pulzů s proměnnou šířkou, které je dodáváno do pohonu. Dodané měniče frekvence využívající pulzně šířkové modulace vyžadují vysoké nároky na

zajištění elektromagnetické kompatibility, k čemuž je zapotřebí speciálních stíněných kabelů a filtrů. Sinusová pulsní šířková modulace spočívá v periodickém odpojování a připojování stejnosměrného napětí napěťového meziobvodu k zátěži. Měníče využívají vektorového řízení a pracují v uzavřeném režimu (se zpětnou vazbou od snímače polohy rotoru). [25]

Frekvenční měnič pro osy A4 - A6: HCS01.1E-W0008-A-03-E-S3-EC-NN-NN-AA-FW

Frekvenční měnič pro osy A1 - A3: HCS01.1E-W0028-A-03-E-S3-EC-NN-NN-AA-FW



Obr. 2-7 Frekvenční měnič HCS01.1E-W0008 [6]

2.5 Ruční ovládací panel (KeTop)

Ruční ovládací panel (teachpendant) s označením KeTop T55 je přenosné ovládací a zobrazovací zařízení s robustním vzhledem. Ke své funkci využívá procesor s vysokým výkonem, a zařízení je tak vhodné pro celou škálu aplikací. Díky použití volitelných provozních a ovládacích prvků lze KeTop snadno přizpůsobit konkrétní aplikaci. Všechny úkoly lze řešit graficky a barevně, provoz je intuitivní díky dotykové obrazovce. KeTop využívá platformu Linux, paměti FLASH a RAM a má slot USB 2.0, který slouží především pro nahrání diagnostické zprávy na flash disk. [7]

KeTop má kruhový tvar a nabízí několik úchopných pozic. Výrobce slibuje vysoký stupeň robustnosti – panel:

- je odolný vůči pádům z výšky až 1,5 m
- je odolný vůči vibracím
- poskytuje stupeň krytí IP 65

- je chemicky odolný
- je odolný vůči jiskrám od svařování
- má provozní teplotu v rozmezí 0 – 50°C. [1]



Obr. 2-8 Ruční ovládací panel KeTop T55 [1, 7]

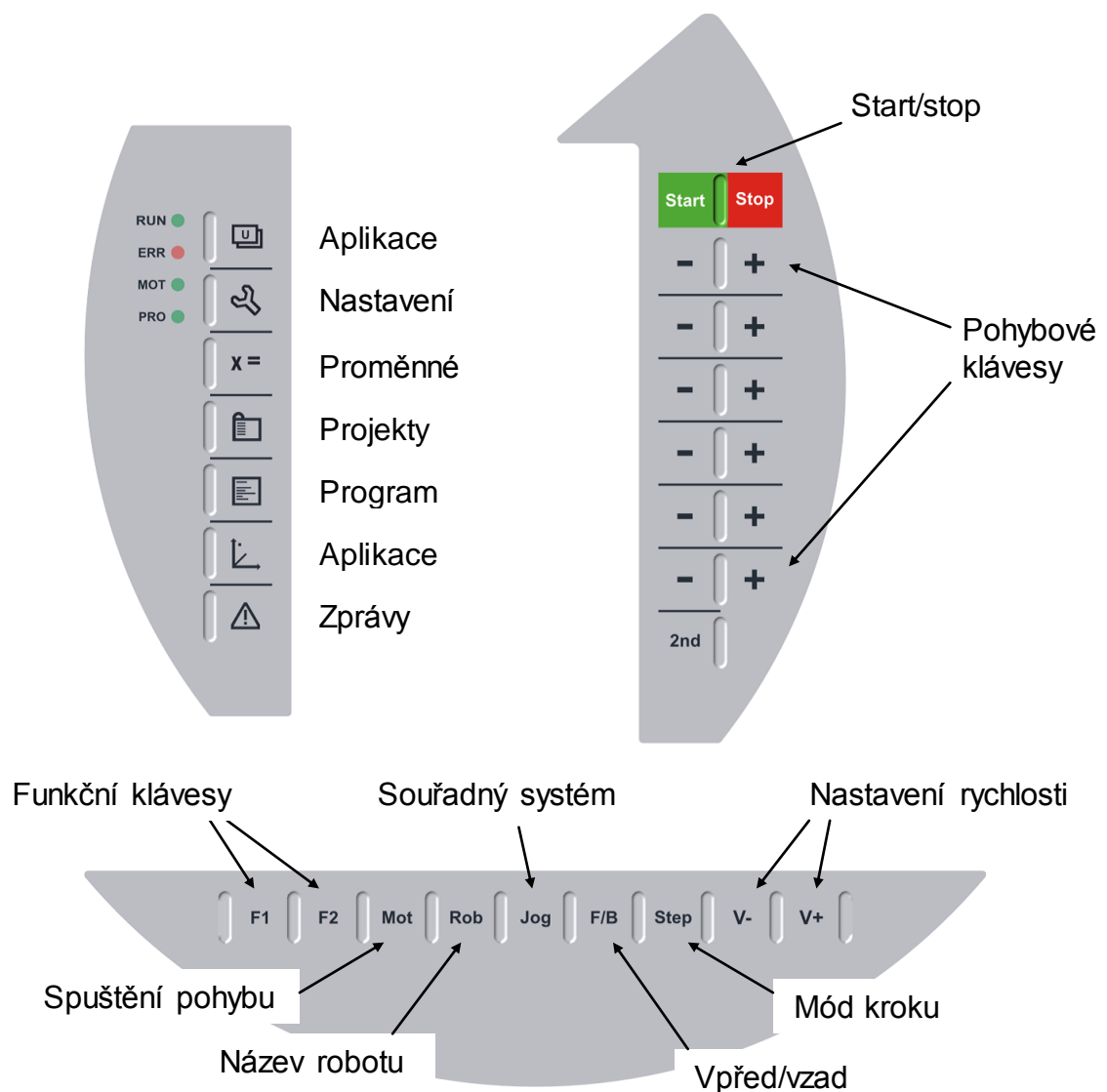
- 1 – Volitelný prvek (klíčem přepínatelný měnič módů)
- 2 – Volitelný prvek (v základním provedení není)
- 3 – Bezpečnostní stop tlačítko (dvouokruhové)
- 4 – Dotykové pero (zasunuto v těle panelu)
- 5 – Pravá část klávesnice
- 6 – Spodní část klávesnice
- 7 – Levá část klávesnice se čtyřmi indikačními LED diodami
- 8 – TFT-LCD dotyková obrazovka
- 9 – USB port (pod ochranným krytem) [7]

2.5.1 Dotyková obrazovka

Důležitým řídicím prvkem ručního ovládacího panelu je dotyková obrazovka, která neslouží pouze k zobrazení programu, ale může být přes ni zadáváno množství ovládacích příkazů, a to buď prstem nebo přiloženým dotykovým perem. I když je displej odolný vůči poškrábání, nedoporučuje se ho ovládat jinými předměty. LCD obrazovka má uhlopříčku 6,5" s rozlišením 640x480 pixel a je barevně podsvícena. Aby bylo zajištěno, že všechny informace budou snadno čitelné i za zhoršených světelných podmínek, je panel vybaven vysocekontrastním displejem. [1, 7]

2.5.2 Programovací tlačítka

KeTop T55 je opatřen robotickou klávesnicí (k dispozici standardní a robotická). Tato klávesnice je vybavena membránovými tlačítky s taktilní zpětnou vazbou. Vlevo od dotykové obrazovky se vyskytují čtyři indikační LED diody, které informují o stavu systému. [2, 7]



Obr. 2-9 Robotická klávesnice [1, 7]

2.5.3 Bezpečnostní tlačítko stop

KeTop T55 je vybaven bezpečnostním tlačítkem nouzového zastavení, které splňuje požadavky normy EN ISO 13850 (norma Bezpečnost strojních zařízení - Nouzové zastavení - Zásady pro konstrukci). Jedná se o červenožluté tlačítko na přední straně ručního panelu, při jehož zmáčknutí dojde k rozpojení elektrického obvodu a zastavení celého systému. [7]

2.5.4 Spínací tlačítko pohybu

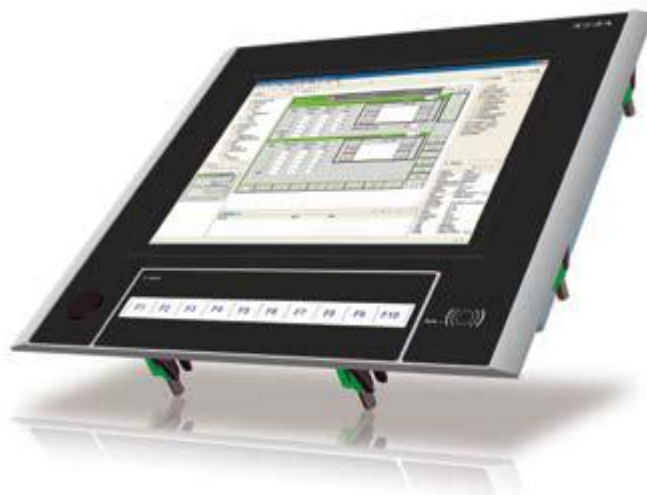
Ruční ovládací panel KeTop T55 obsahuje dvě vícepolohová spouštěcí tlačítka ze spodu panelu, po jednom na levé a na pravé straně přístroje, což přispívá k dobrým ovládacím podmínkám pro pravou i levou ruku. Toto tlačítko má tři polohy, které zobrazuje Tab. 2-2. První poloha tlačítka (poloha 0) je v případě, že se tlačítka vůbec nedotýkáme nebo dotýkáme tak slabě, že nedojde k přepnutí do polohy 1. V případě, že je tlačítko v poloze 1, je možné učit robot jednotlivé pozice v prostoru pomocí ručního panelu tak, že pohybujeme robotickými tlačítky na jednotlivých osách do plusu či do mínusu, což v případě výskytu tlačítka v poloze 0 ani poloze 2 není možné. Po působení silou na tlačítko větší než je tomu v případě polohy 1 se sepne poloha 2. Tato poloha představuje bezpečnostní prvek panelu a jeho myšlenkou je, že v případě blížící se případné kolize robotu s okolím se programátor lekne a tlačítko zmáčkne silněji. Spolu s bezpečnostním tlačítkem tvoří spínací tlačítka nejvyšší bezpečnostní standard. [7]

Tab. 2-2 Polohy spínacího tlačítka pohybu [7]

Poloha	Funkce	Stav tlačítka	Kontakt
0	Pohyb zastaven	Není zmáčknuto	Spouštěcí okruh je rozepnut
1	Spouštějící pohyb	Zmáčknuto	Spouštěcí okruh je sepnut
2	Panická	Zmáčknuto silněji	Spouštěcí okruh je rozepnut

2.6 Stacionární operační panel (KeView)

Stacionární operační panel je další možné přídavné zařízení, které nebylo součástí dodávky k této práci. Tento panel je vybaven deseti funkčními klávesami a robustním dotykovým displejem s uhlopříčkou od 8,4 do 15 palců. [1]

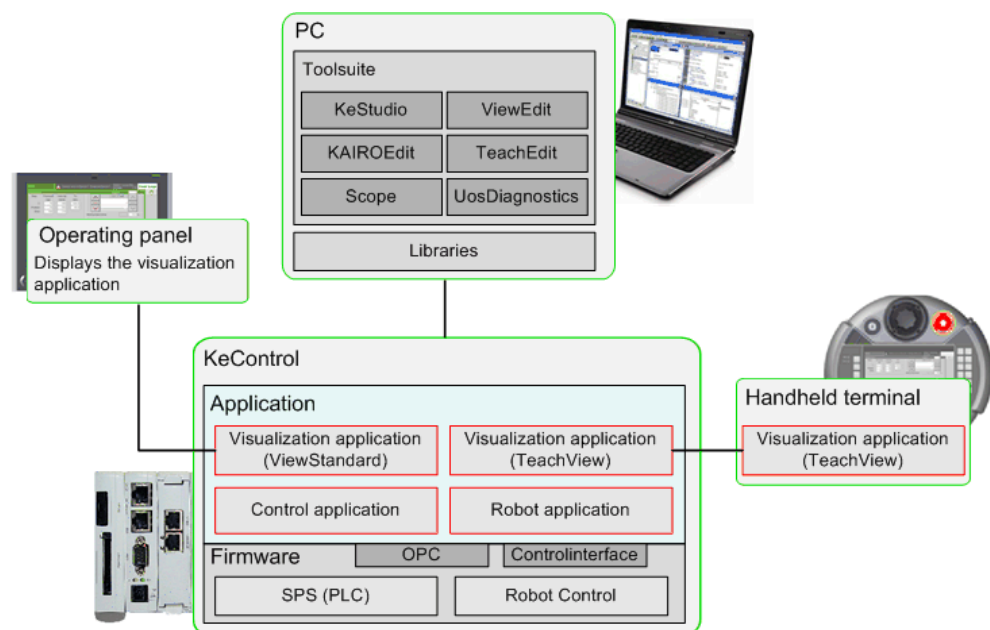


Obr. 2-10 Stacionární panel (KeView) [19]

2.7 Konfigurační a programovací software (KeStudio U3 Toolsuite)

Součástí automatizačního balíku KEMRO je také software pro programování, konfiguraci a diagnostiku systému. Za pomoci tohoto softwaru lze řídit jednotlivé pohyby robotu a činnosti periférií. V této části práce jsou popsány pouze hlavní programy pro řízení a konfiguraci. Další programy softwarového balíku KeStudio U3 Toolsuite jako jsou **KeMotion Target**, **KeControl Flash**, **KeControlinterface** a **KeStudio Diagnostics** zde proto nebudou rozebírány.

Obr. 2-11 znázorňuje strukturu propojení jednotlivých softwarových programů a také zařízení, pro které je program určen. Nejdůležitější je propojení mezi programovacím počítačem (PC) a PLC jednotkou (KeControl). Přes řídicí programy na počítači lze naprogramovat všechny robotické a jiné řídicí aplikace, které se nahrají do paměti PLC jednotky a počítač může být odpojen. K PLC jednotce může být připojen i ruční ovládací panel, který slouží k online programování, případně i stacionární panel pro zobrazení aplikace. [2]



Obr. 2-11 Softwarová struktura KeStudio U3 Toolsuite [2]

2.7.1 KeStudio V2.3

KeStudio je program určený k programování PLC jednotky. Je tedy nejzákladnějším programem k řízení a je nutný k provozu ostatních programů v rámci systému KeMotion. Řídicí platforma systému KEMRO je založena na projektu CoDeSys a na run-time systému, tedy standardech v PLC programovacích nástrojích. To je dáno tím, že KEBA je členem CoDeSys Automation Alliance, která sdružuje společnosti, jejichž hardwarové zařízení je naprogramováno v projektu CoDeSys. V důsledku toho je možné komunikovat s jinými PLC pomocí síťových proměnných. Projekt je navíc přenosný z jednoho PLC na druhé. [1]

Pro pohybové aplikace byly vytvořeny pohybové bloky na základě standardu PLCopen. PLCopen je nezávislá organizace, která působí v oblasti průmyslového

řízení. Tato organizace vydala návrh funkčních bloků pro řízení pohybu (Motion Control), který je založen na globálním standardu IEC 61131-3 určeném pro programování průmyslových jednotek. Tyto bloky obsahují funkce pohybu pro jednotlivé osy či pro více os. Tato specifikace poskytuje uživateli standardní sadu příkazů a struktur nezávislých na základní aplikaci. Cílem jsou uživatelsky nezávislé, sjednocené specifikace a chování příkazů pohybu. Neexistují žádná omezení týkající se realizace.

Část funkčních bloků PLCopen je zahrnuta v IEC knihovně MC.lib. Poskytují jednoduché, standardizované rozhraní pro vývoj řízení pohybu aplikací. Pro usnadnění programování umožňuje **KeStudio** uspořádat objekty, které se nevztahují na projekty, do knihoven. Pro integraci a prohlížení knihoven je k dispozici správce knihovny. [1, 2]

Prostředí **KeStudio** nabízí uživatelské rozhraní s následujícími funkcemi:

- Nastavení a parametrizace KeMotion systému
- Programování dle normy EN 61131-3
- Vložené knihovny
- Simulační mód umožňující testování projektu na počítači bez připojeného PLC
- Projektová dokumentace
- Odladování funkcí (testování programových sekvencí, sledování a úprava proměnných, hledání chyb v programu) [2]

V programu **KeStudio** lze programovat v pěti programovacích jazycích podle normy EN 61131-3. Každý z těchto jazyků (dva textové a tři grafické) nabízí specifické vlastnosti, které se hodí pro různé druhy úkolů (viz. Tab. 2-3). [2]

Tab. 2-3 Přehled programovacích jazyků programu KeStudio [2]

Typ	Programovací jazyk	Popis
Textové	Instruction List (IL)	Umožňuje popisovat pracovní procesy řídicích úloh jednoduchými instrukcemi. Struktura jazyka umožňuje vytvářet složité úkoly.
	Structured text (ST)	Strukturovaný text je nejbližší programovacím jazykům typu Pascal a C. Skládá se z řady instrukcí jako například: "IF .. THEN .. ELSE", "WHILE.. DO" a další.
Grafické	Sequential Function Chart (SFC)	Popisuje časovou posloupnost jednotlivých kroků v rámci programu a umožňuje programování sekvencí. Je proto vhodný pro strukturování a uspořádání projektů.
	Continous graphic Function Chart (CFC)	Je založen na funkčním diagramu (function chart) dané úlohy.
	Ladder Diagram (LD)	Podobá se schématu zapojení - vzhledem k zastoupení logických vazeb.

2.7.2 KeStudio DriveManager

Díky programu **KeStudio DriveManager** je možné nastavovat parametry a diagnostikovat jednotlivé pohony a frekvenční měniče, což je důležité zejména při uvedení systému do provozu. Tento nástroj poskytuje spojení mezi počítačem a pohony prostřednictvím řídicího systému robotu (PLC jednotky). Diagnostika a parametrizace pohonů se tedy provádí přes síť. Případný problém lze snadno odhalit díky kódu chyby, který program zobrazí. Podrobný popis diagnostických zpráv, jejich příčin a opatření k nápravě jsou obsaženy v samostatné dokumentaci KeDrive. [1, 2]

2.7.3 KeStudio ViewEdit

KeStudio ViewEdit je grafický editor pro tvorbu vizualizačních aplikací pro automatizační systém KeMotion. Pomocí tohoto editoru lze vytvořit uživatelské rozhraní pro obsluhu stroje ve spojení s IEC projektem (**KeStudio**). To je možno zobrazit na stacionárním panelu nebo ručním ovládacím panelu. Při vytváření operačních masek na hotové vizualizační aplikace lze přistupovat zcela individuálně jako i při tvorbě samotných grafických prvků.

KeMotion podporuje tvorbu vizualizací na následujících vizualizačních a vývojových systémech:

- **Vizualizace přes ViewStandard** – projektování a programování masek.
- **Vizualizace přes TeachView**. [2]

2.7.4 KeStudio Scope

Tento program slouží k vizualizaci robotu a jeho pohybů včetně jeho periférií, případně jeho nejbližšího okolí. K tomu je potřeba mít virtuální model daného robotu a jeho prostředí, který je možno nechat zadat vytvořit u firmy KEBA nebo si jej vytvořit samostatně. Program se hodí zejména při novém vytvoření projektu, ať již přes program **KAIROEdit** či **TeachView**. Při spuštění projektu lze sledovat jeho virtuální průběh s případnými chybami, které by v reálu mohly způsobit vážné škody. V programu lze také zaznamenávat grafy, a to jak polohy, rychlosti, zrychlení na čas pro všechny osy, tak jednotlivé veličiny mezi sebou kombinovat. Na základě těchto grafů pak lze celý běh projektu doladit v programovacím softwaru a projekt znovu odsimulovat.

Proměnné, které byly zavedeny v IEC projektu, lze aktivovat nebo deaktivovat přičemž pouze aktivované proměnné jsou monitorované či nahrávány. Tyto proměnné jsou automaticky nahrány a v tomto programu s nimi můžeme pracovat. Při simulaci projektu v programu **KeStudio Scope** je nutné, aby programovací počítač byl připojený k řídicí PLC jednotce a v programu **KeStudio** tento běžel příslušný projekt. [2]

2.7.5 KeMotion TeachView T55R


Program **KeMotion TeachView** poskytuje softwarovou náhradu ručního ovládacího panelu. Jedná se tedy o nástroj pro online programování robotu, přes který je možné učit průmyslový robot jednotlivé pozice a příkazy. Prostředí softwaru se snaží co nejvíce připomínat samotný ruční panel.

Projekt vytvořený v programu **KeMotion TeachView** či ovládacím panelu lze převést do programu **KAIROEdit** a tam jej lze modifikovat. Ovládací panel nebo program **KeMotion TeachView** umožňuje uživateli:

- **řízení programu**: start, stop, nahrání a vymazání programů
- **sledování proměnných**: slouží k vytvoření a zobrazení proměnných
- **sledování vstupů a výstupů**: zobrazuje vstupy a výstupy s možností přiřazení hodnoty
- **maska zpráv**: zobrazuje všechny systémové zprávy (chyby, upozornění a stavové informace); zprávy zde mohou být potvrzeny
- **uživatelská nastavení**: nastavení jazyku, výběr úrovně uživatele, atd.
- **systémové informace**. [1]


2.7.6 KAIROEdit

KAIROEdit je program pro offline programování robotu jazykem KAIRO, což je jazyk určený hlavně k programování robotů, ale lze jím také programovat všechny stroje a zařízení řízené automatizačním systémem KeMotion. Obsahuje množství prvků usnadňující programování. Vytvořený projekt lze převádět do ručního panelu či programu **KeMotion TeachView**. [2, 9]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	


ZÁVĚR

Kapitoly 3, 4 a Závěr této práce podléhají obchodnímu tajemství. Kompletní práce má 104 stran.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KEBA. *Kemro Automation: 1st Level Support Training*. Linz, 2013, 122 s. V1.03_en.
- [2] KEBA. *KeMotion Automation system: System manual V2.60*. Linz, 2013, 242 s. V2.60 / article no.: 1006309.
- [3] KEBA. *CP 242/B CPU module: Project engineering manual V1.00*. Linz, 2009, 40 s. V1.00 / article no.: 1003759.
- [4] KEBA. *DM 276/A Digital Input/Output module: Project engineering manual V1.07*. Linz, 2011, 28 s. V1.07 / article no.: 1000462.
- [6] KEBA. *KeDrive D2 Drive System HCS01: Project engineering manual V1.00*. Linz, 2010, 220 s. V1.00 / article no.: 1006037.
- [7] KEBA. *KeTop T55 KeSystems/KeMotion: User's Manual V1.02*. Linz, 2012, 99 s. V1.02 / article no.: 1007628.
- [12] KEBA. *KeMotion Robotics Functions: Tutorial V2.60*. Linz, 2013, 42 s. V2.60 / article no.: 1005202.
- [13] KEBA. *KeMotion Robotics technologies: Overview*. Linz, 2013, 48 s.
- [18] KEBA. *KeMotion: The complete control system solution for industrial robots*. 26 s. Dostupné z: <<http://www.keba.com/en/industrial-automation/kemotion-robotics/brochure/>>
- [19] KEBA. *KeSystems: The automation solution for universal applications*. 26 s. Dostupné z: <<http://www.keba.com/en/industrial-automation/kesystems-machine-process-automation/brochure/>>
- [20] KUKA. *Robot KR 15: Technical Data*. 16 s. 03.98.01.
- [23] SIEMENS. *AC Servomotors 1FK6: Planning Guide* [online]. 2003 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <<https://www.yumpu.com/en/document/view/6749172/planning-guide-ac-servomotors-1fk6-siemens-automation-and->>
- [24] BOSCH REXROTH. *MSK Synchronous Motors: Project Planning Manual* [online]. 2010, 280 s. [cit. 2014-05-04]. R911296289. Dostupné z: <<http://www.boschrexroth.com/>>
- [25] SKALICKÝ, Jiří. VUT BRNO. *Elektrické regulované pohony* [online]. 2007 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=18964>
- [26] *Automatizace a automatizační technika*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2000, 250 s. ISBN 80-722-6248-3. Dostupné z: <http://static.eplanet.sk/files/9788025125236_01.pdf>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [27] ZEZULKA, František, Zdeněk BRADÁČ, Petr FIEDLER, Pavel KUČERA a Radek ŠTOHL. VUT BRNO. *Programovatelné automaty*. Brno, 2003.
- [28] PÁSEK, Jan. VUT BRNO. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Brno, 2007.
- [29] KUKA. *Robot controller KR C1* [online]. 2000 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <sites.poli.usp.br/d/PMR2560/Aula1_lab.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1 Přehled systému KeMotion [1]	12
Obr. 1-2 Řízení průmyslového robota s dynamickým modelem [13].....	15
Obr. 1-3 Porovnání trajektorií pohybu s/bez ovládání dynamiky [13]	15
Obr. 1-4 Řízení na základě údajů od senzorů [13]	16
Obr. 2-1 Průmyslový robot KUKA KR 15/2 [20]	18
Obr. 2-2 Řídicí skříň průmyslového robota KR C 1 [29]	18
Obr. 2-3 PLC modul CP242/B [3]	19
Obr. 2-4 Stavový displej PLC [1, 3].....	20
Obr. 2-5 Vstupní a výstupní digitální modul DM 276A [1, 4]	21
Obr. 2-6 Servomotory firmy Bosch řady MSK [6].....	22
Obr. 2-7 Frekvenční měnič HCS01.1E-W0008 [6]	23
Obr. 2-8 Ruční ovládací panel KeTop T55 [1, 7]	24
Obr. 2-9 Robotická klávesnice [1, 7]	25
Obr. 2-10 Stacionární panel (KeView) [19]	26
Obr. 2-11 Softwarová struktura KeStudio U3 Toolsuite [2]	27

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1 Přehled systémových řešení společnosti KEBA [18]	14
Tab. 2-1 Parametry jednotlivých pohonů [23, 24]	22
Tab. 2-2 Polohy spínacího tlačítka pohybu [7]	26
Tab. 2-3 Přehled programovacích jazyků programu KeStudio [2]	28